

# Modelos discriminantes para predecir la pérdida de peso. Proyecto PROgramas de Nutrición y Actividad Física para el tratamiento de la obesidad (PRONAF)

Miguel A. Rojo-Tirado

Máster en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Ana B. Peinado

Doctora en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Pedro J. Benito

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

En representación del Grupo de Investigación del Proyecto PRONAF. Departamento de Salud y Rendimiento Humano. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad Politécnica de Madrid, España.

## Abstract

El objetivo del trabajo fue crear modelos discriminantes para estimar el porcentaje de pérdida de peso tras una intervención de seis meses, determinando la importancia de cada variable estudiada. La muestra, formada por 89 participantes en sobrepeso (18-50 años; IMC >25 y <29.9 kg/m<sup>2</sup>), fue distribuida en cuatro grupos de intervención: entrenamiento con cargas (S, n=22); entrenamiento aeróbico (E, n=25); entrenamiento combinado cargas + aeróbico (SE, n=23) y recomendaciones de ejercicio físico (C, n=19). Los grupos de entrenamiento entrenaron 3 veces/semana durante 24 semanas. Todos los grupos siguieron una restricción calórica del 25% del gasto energético diario. Tres modelos discriminantes fueron obtenidos para estimar el porcentaje de pérdida de peso, determinando que el peso, la masa grasa y el peso magro son las variables más importantes para discriminar la pérdida de peso. Los tres modelos discriminantes consiguen un elevado porcentaje de clasificación correcta.

Registrado en Clinical Trials Gov.: número NCT01116856.

Palabras clave: sobrepeso, modelos discriminantes, pérdida de peso, composición corporal.

## Introducción

Del cuarenta al sesenta por ciento de la población adulta del mundo occidental está intentando perder peso de forma activa. Sin embargo, el sobrepeso y la obesidad siguen teniendo una gran prevalencia, lo que sugiere que la mayoría de estos intentos no están teniendo éxito (Bendixen, Madsen, & Bay-Hansen, 2002; Bish, Blanck, & Serdula, 2005; Serdula, Mokdad, & Williamson, 1999). Para conseguir perder peso cualquier programa de intervención debe generar un balance energético negativo, lo que se consigue principalmente

a través de la restricción calórica, ya que el ejercicio por sí solo no puede disminuir el peso corporal de forma significativa (Villareal et al., 2011). La dieta es un requisito indispensable en cualquier programa de pérdida de peso (Ballor, Katch, Becque, & Marks, 1988; Del Corral, Chandler-Laney, Casazza, Gower, & Hunter, 2009; Kraemer et al., 1997; Raatz, Wimmer, Kwong, & Sibley, 2008) y esta pérdida es mayor si el ejercicio se incluye al programa (Brochu et al., 2009; Catenacci & Wyatt, 2007; Ghroubi et al., 2009; Hagan, Upton, Wong, & Whittam, 1986). En general las intervenciones de ejercicio en los programas de pérdida de peso se han basado en el entrenamiento aeróbico, el entrenamiento con cargas y en una combinación de ambos (Brochu et al., 2009; Garthe, Raastad, Refsnes, Koivisto, & Sundgot-Borgen, 2011; Ghroubi et al., 2009; Hagan et al., 1986; Heilbronn et al., 2006; Hunter R. et al., 2010; Janssen, Fortier, Hudson, & Ross, 2002; Kraemer et al., 1997; Larson-Meyer et al., 2010; Redman et al., 2007; Volpe, Kobusingye, Bailur, & Stanek, 2008). La mayoría de los estudios han descrito cómo es la pérdida de peso con los diferentes tratamientos (Brochu et al., 2009; Del Corral et al., 2009; Larson-Meyer et al., 2010), existiendo algunos que también han analizado el efecto del sexo (Hagan et al., 1986) y de diferentes variables psicosociales y de estilo de vida (Chiriboga et al., 2008; Jakicic, Marcus, Lang, & Janney, 2008; Redman et al., 2007; Volpe et al., 2008; Yen, Chen, & Eastwood, 2009) en los resultados obtenidos. Sin embargo, no conocemos ningún estudio previo que haya intentado predecir la pérdida de peso, ni mucho menos utilizando únicamente variables de composición corporal.

En este sentido, desde el punto de vista más práctico, sería interesante conocer cuánto peso podría perder una persona antes de iniciar cualquier intervención. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue crear modelos discriminantes para estimar la pérdida de peso antes de comenzar un programa de intervención, utilizando únicamente variables de composición corporal y determinando la importancia de cada una de ellas. Estos modelos servirían de herramienta para los profesionales de la actividad física, ya que podrían estimar los resultados de sus clientes sin haber comenzado la intervención.

## Desarrollo del tema

### Material y métodos

#### *Participantes*

En el estudio participaron 89 voluntarios sanos (36 hombres y 53 mujeres) con una edad comprendida entre los 18 y los 50 años, no fumadores, sedentarios (dos o menos horas de ejercicio estructurado a la semana) (Brochu et al., 2009) y en sobrepeso [Índice de Masa Corporal (IMC) 25-29.9 kg/m<sup>2</sup>]. Los participantes fueron estratificados por edad y sexo y distribuidos aleatoriamente en cuatro grupos de intervención. Este estudio forma parte de la segunda fase del Proyecto PROgramas de Nutrición y Actividad Física para el tratamiento de la obesidad (PRONAF). Todos los participantes fueron informados de la naturaleza del estudio y firmaron un consentimiento siguiendo las directrices de la Declaración de Helsinki sobre investigación en seres humanos. El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética del Hospital Universitario de La Paz (Madrid, España) (PI-643).

#### *Diseño experimental*

En el diseño experimental de la segunda fase del Proyecto PRONAF, los sujetos antes mencionados fueron distribuidos de forma aleatoria en uno de estos cuatro grupos de intervención: dieta y entrenamiento con cargas supervisado (S, n=22); dieta y entrenamiento aeróbico supervisado (E, n=25); dieta y entrenamiento combinado cargas + aeróbico supervisado (SE, n=23) y dieta y recomendaciones de ejercicio físico (C, n=19). La intervención tuvo una duración de 6 meses y se hicieron pruebas de evaluación tanto al inicio como al final de la misma.

La prescripción de la dieta fue llevada a cabo por el Departamento de Endocrinología del Hospital

Universitario de La Paz (Madrid, España). Todos los participantes siguieron una dieta individualizada e hipocalórica con un 25% de restricción calórica (RC) respecto de su gasto energético diario (GE) medido a través de acelerometría.

Los grupos de entrenamiento supervisado (S, E y SE) realizaron un programa de entrenamiento controlado por entrenadores personales cualificados, todos ellos Licenciados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. El programa de entrenamiento consistió en 3 sesiones de entrenamiento semanales durante los 6 meses que duró la intervención. El control de la intensidad en los grupos que entrenaron con cargas (S y SE) se realizó con la carga en 15 repeticiones máximas (15 RM) para cada ejercicio (Morgan, Woodruff, & Tiidus, 2003), mientras que en los grupos que realizaron entrenamiento aeróbico (E y SE) se utilizó la frecuencia cardiaca de reserva usando la ecuación de Karvonen (Earle & Baechle, 2008). Se utilizaron los siguientes protocolos de ejercicio en circuito: S - Realizó un entrenamiento en circuito con cargas con 8 ejercicios (press de hombro, sentadilla, remo, zancada lateral, press de banca, zancada frontal, curl de bíceps y press francés de tríceps); E - Realizó un entrenamiento en circuito con ejercicios aeróbicos (caminar/correr en tapiz rodante, bicicleta o elíptica); SE - Realizó un entrenamiento en circuito intercalando ejercicios aeróbicos (tapiz rodante, bicicleta o elíptica) con ejercicios con cargas (sentadilla, remo en máquina, press de banca y zancada frontal). En todo momento la intensidad, duración y frecuencia de los entrenamientos fue la misma para todos los grupos, evolucionando desde una intensidad del 40% con un volumen de 39 min y una frecuencia de entrenamiento de 3 días a la semana, hasta la intensidad del 60% y 64 min, de manera progresiva en tres mesociclos de entrenamiento.

#### *Variables y diseño de los modelos*

Las variables introducidas en los modelos son las que aparecen en la tabla 1. Todas ellas fueron recogidas en las pruebas de evaluación inicial realizadas al inicio de la intervención.

*Tabla 1.* Variables introducidas en los modelos discriminantes

	Edad	Edad
	Sexo	Sexo
	Grupo de intervención (GI)	GI
<b>Antropometría inicial</b>	Peso inicial en kg (PI)	PI
	Talla en metros	Talla
<b>DEXA Inicial</b>	Grasa total inicial en kg	MG
	Peso magro total inicial en kg	MM
	Densidad mineral ósea inicial en g/cm <sup>2</sup> (DMO)	DMO
<b>Evaluación nutricional inicial</b>	Porcentaje de restricción calórica	RC
<b>Acelerometría inicial</b>	Gasto energético diario en Kcal/día (GE)	GE

El peso fue medido con una báscula TANITA y la talla con un estadiómetro SECA. La composición corporal fue evaluada mediante absorciometría dual de rayos X (DEXA) (GE Lunar Prodigy; GE Healthcare, Madison, WI) obteniendo la grasa total inicial, el peso magro total inicial y la densidad mineral ósea inicial. En la evaluación nutricional inicial se estableció el porcentaje de restricción calórica y el gasto energético diario se estimó con acelerometría (SenseWear Pro Armband™).

### Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico de los datos se utilizó la técnica multivariante del análisis discriminante, con el objetivo de encontrar una función que pudiera predecir el rango de porcentaje de pérdida de peso que una persona en sobrepeso puede conseguir en una intervención de 6 meses.

La variable de clasificación para los modelos discriminantes fue el porcentaje de cambio de peso con respecto al peso inicial. Se calculó la media, el mínimo, el máximo y los percentiles 25, 50 y 75, para establecer los grupos de clasificación. En el modelo 1 se establecieron 4 grupos de clasificación, en concreto los 4 cuartiles o rangos de porcentaje de cambio de peso con respecto al peso inicial en los que se podrían clasificar a los sujetos. En el modelo 2 se establecieron 2 grupos de clasificación, en concreto el primer y cuarto cuartil, es decir, los 2 rangos de porcentaje de cambio de peso con respecto al peso inicial extremos. Por último, en el modelo 3 se determinaron dos grupos, el grupo por encima y por debajo de la media del porcentaje de cambio de peso con respecto al peso inicial.

Se utilizó el programa estadístico SPSS PASW 18 para Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA). El nivel de significación estadística se fijó en  $\alpha=0.05$ .

### Resultados y discusión

El peso inicial de la muestra fue de  $79.5 \pm 9.9$  kg y el peso final de  $73.3 \pm 10.5$  kg. Tras los 6 meses de intervención la media del porcentaje de cambio de peso con respecto al peso inicial fue de  $-7.9 \pm 5.8$  %. Si analizamos el porcentaje de pérdida de peso por cuartiles resultan: el primer cuartil de 7.4 a -4.6 %, el segundo cuartil de -4.6 a -7.9 %, el tercer cuartil de -7.9 a -11 %, y el cuarto cuartil de -11 a -25%.

El primer modelo discriminante clasificó correctamente al 55.8 % de los casos dentro de los cuatro cuartiles. La función discriminante obtenida fue (Lambda de Wilks = 0.473,  $p = 0.001$ ):

$$\text{Puntuación discriminante modelo 1} = -12.758 - (0.547 \times PI) + (11.631 \times Talla) - (0.46 \times Edad) + (0.481 \times MG) + (0.429 \times MM) + (2.325 \times DMO) + (0.001 \times GE) - (0.038 \times RC) - (0.192 \times GI [1=S; 2=E; 3=SE; 4=C]) - (0.970 \times Sexo [0=mujeres; 1=hombres])$$

#### Ecuación 1. Función discriminante modelo 1

El segundo modelo discriminante clasificó correctamente al 81.4 % de los casos dentro del primer y cuarto cuartil. La función discriminante obtenida fue (Lambda de Wilks = 0.475,  $p = 0.003$ ):

$$\text{Puntuación discriminante modelo 2} = -18.266 - (0.558 \times PI) + (14.701 \times Talla) - (0.06 \times Edad) + (0.475 \times MG) + (0.398 \times MM) + (3.499 \times DMO) + (0.002 \times GE) - (0.047 \times RC) - (0.006 \times GI [1=S; 2=E; 3=SE; 4=C]) - (1.282 \times Sexo [0 = mujer; 1 = hombre])$$

#### Ecuación 2. Función discriminante modelo 2

El tercer modelo discriminante clasificó correctamente al 74.4 % de los casos tanto por encima como por debajo de la media del porcentaje de pérdida de peso. La función discriminante obtenida fue (Lambda de Wilks = 0.725,  $p = 0.005$ ):

$$\text{Puntuación discriminante modelo 3} = - 5.021 - (0.365 \times PI) + (3.53 \times Talla) - (0.052 \times Edad) + (0.368 \times MG) + (0.296 \times MM) + (4.034 \times DMO) + (0.001 \times GE) + (0.003 \times RC) - (0.493 \times GI [1=S; 2=E; 3=SE; 4=C]) - (0.543 \times Sexo [0 = mujer; 1 = hombre])$$

**Ecuación 3.** Función discriminante modelo 3

En la tabla 2 se pueden observar los coeficientes estandarizados de los 3 modelos discriminantes. Estos coeficientes nos permiten determinar la importancia relativa de cada una de las variables estudiadas en cada uno de los diferentes modelos.

**Tabla 2.** Coeficientes estandarizados de los tres modelos discriminantes

<b>Variables</b>	<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>	<b>Modelo 3</b>
Peso inicial	-5.524	-5.125	-3.675
Talla	1.076	1.221	0.331
Edad	-0.357	-0.488	-0.404
Grasa total inicial	2.252	2.423	1.714
Peso magro total inicial	3.933	3.407	2.713
Densidad mineral ósea inicial	0.249	0.378	0.428
Gasto energético diario	0.547	0.899	0.265
Restricción calórica	-0.352	-0.431	0.029
Grupo de intervención	-0.198	-0.006	-0.515
Sexo	-0.478	-0.626	-0.265

Como se puede observar en la tabla 2, en los tres modelos son el peso inicial, la masa grasa total inicial y el peso magro total inicial las variables de mayor importancia a la hora de discriminar el porcentaje de la pérdida de peso. El resto de las variables tiene un comportamiento distinto en función del modelo. Por ejemplo, se puede observar que la talla tiene bastante importancia en los modelos 1 y 2, representando el doble de importancia de ser hombre o mujer, e incluso el triple de la edad que tengas o la restricción calórica que se lleve a cabo. También se puede observar que el gasto energético diario es importante, no ocurriendo lo mismo con el tipo de tratamiento, que su importancia es mínima. En el caso del modelo 3, el tipo de tratamiento sí pasa a tener un mayor papel, siendo más importante que el resto de las variables por detrás del peso, el peso magro y la grasa.

En la tabla 3 se pueden observar los centroides de cada grupo para los 3 modelos discriminantes. Estos centroides nos van a orientar sobre la pertenencia a un grupo u otro de un sujeto a través de la puntuación discriminante obtenida a través de las diferentes funciones mostradas anteriormente para cada uno de los modelos.

**Tabla 3.** Centroides de cada grupo para los tres modelos discriminantes

	Modelo 1	Modelo 2		Modelo 3
Primer cuartil	1.063	1.051	Por encima de la media	- 0.595
Segundo cuartil	0.038	-		
Tercer cuartil	- 0.193	-	Por debajo de la media	0.623
Cuarto cuartil	- 0.857	- 1.003		

Como aplicación práctica previa a cualquier programa de pérdida de peso similar al nuestro, con el modelo 1 se podría decir que si la puntuación discriminante para una persona es próxima a 1.063 su pérdida estará dentro del rango de 7.4 a -4.6 %, si es próxima a 0.038 el rango será de -4.6 a -7.9 %, si es próxima a -0.193 el rango será de -7.9 a -11, y si es próxima a -0.857 será de -11 a -25%. Si se utilizara el modelo discriminante 2, se podría afirmar que si la puntuación discriminante para una persona es próxima a 1.051 se corresponderá con el cuartil que menos pierde, de 7.4 a -4.6 %, y si es próxima a -1.003 se corresponderá con el cuartil que más pierde, de -11 a -25 % de pérdida. Si se aplicara el modelo discriminante 3, se podría decir que si la puntuación discriminante para una persona es próxima a -0.595 la pérdida será superior a la media (>7.9 %), y si es próxima a 0.623 la pérdida será inferior a la media (<7.9 %).

## Conclusiones

Los modelos discriminantes obtenidos consiguen porcentajes de clasificación correcta elevados, siendo el modelo 2 el que más sujetos clasifica en el rango de porcentaje de cambio de peso con respecto al peso inicial correcto. El peso inicial, la masa grasa total inicial y el peso magro total inicial son las variables con mayor importancia a la hora de discriminar el porcentaje de pérdida de peso. Además, es importante señalar que con el modelo uno estimaríamos de forma correcta la pérdida en 5 personas de cada 10, con el modelo dos en 8 personas de cada 10, y con el modelo 3 en 7 personas de cada 10.

**Los contenidos y las opiniones son responsabilidad exclusiva de los autores.**



## Bibliografía

- Ball Geoff, D., Crespo Noe, C., Cruz Martha, L., Goran Michael, I., Salem George, J., Shaibi Gabriel, Q., et al. (2006). *Effects of Resistance Training on Insulin Sensitivity in Overweight Latino Adolescent Males. Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(7), 1208-1215
- Ballor, D. L., Katch, V. L., Becque, D., & Marks, C. R. (1988). *Resistance weight training during caloric restriction enhances lean body weight maintenance. The American Journal of Clinical Nutrition*, 47, 19-25.
- Bendixen, H., Madsen, J., & Bay-Hansen, D. (2002). *An observational study of slimming behavior in Denmark in 1992 and 1998. Obes Res*, 10, 911-922.
- Bish, C. L., Blanck, H. M., & Serdula, M. K. (2005). *Diet and physical activity behaviors among Americans trying to lose weight: 2000 Behavioral Risk Factor Surveillance System. Obes Res*, 13, 596-607.
- Brochu, M., Malita, M. F., Messier, V., Doucet, E., Strychar, I., Lavoie, J. M., et al. (2009). *Resistance training does not contribute to improving the metabolic profile after a 6-month weight loss program in overweight and obese postmenopausal women. J Clin Endocrinol Metab*, 94(9), 3226-3233.
- Catenacci, V. A., & Wyatt, H. R. (2007). *The role of physical activity in producing and maintaining weight loss. Nat Clin Pract Endocrinol Metab*, 3(7), 518-529.
- Chiriboga, D., Ma, Y., Li, W., Olendzki, B., Pagoto, S., Merriam, P., et al. (2008). *Gender Differences in Predictors of Body Weight and Body Weight Change in Healthy Adults. Obesity*, 16, 137-145.
- Dapcich, V., Salvador Castell, G., Rivas Barba, L., Pérez Rodrigo, C., Aranceta Bartrina, J., & Serra Majem, L. (2004). *Guía de la alimentación saludable. SENC.*
- Del Corral, P., Chandler-Laney, P. C., Casazza, K., Gower, B. A., & Hunter, G. R. (2009). *Effect of dietary adherence with or without exercise on weight loss: a mechanistic approach to a global problem. J Clin Endocrinol Metab*, 94(5), 1602-1607.
- Donnelly, J. E., Blair, S. N., Jakicic, J. M., Manore, M. M., Rankin, J. W., & Smith, B. K. (2009). *American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. Med Sci Sports Exerc*, 41(2), 459-471.
- Earle, R., & Baechle, T. (2008). *Manual NSCA. Fundamentos del entrenamiento personal. Badalona: Editorial Paidotribo.*
- Garthe, I., Raastad, T., Refsnes, P. E., Koivisto, A., & Sundgot-Borgen, J. (2011). *Effect of Two Different Weight-Loss Rates on Body Composition and Strength and Power-Related Performance in Elite Athletes. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 97-104.
- Ghroubi, S., Elleuch, H., Chikh, T., Kaffel, N., Abid, M., & Elleuch, M. H. (2009). *Physical training combined with dietary measures in the treatment of adult obesity. A comparison of two protocols. Ann Phys Rehabil Med*, 52(5), 394-413.
- Hagan, R. D., Upton, S. J., Wong, L. E. S., & Whittam, J. (1986). *The effects of aerobic conditioning and/or caloric restriction in overweight men and women. Medicine & Science in Sports & Exercise*, 18(1), 87-94.
- Heilbronn, L. K., de Jonge, L., Frisard, M. I., DeLany, J. P., Meyer, D. E. L., Rood, J., et al. (2006). *Effect of 6-mo. calorie restriction on biomarkers of longevity, metabolic adaptation and oxidative stress in overweight subjects. JAMA*, 295(13), 1539-1548.
- Hunter R., G., Brock, D. W., Byrne, N. M., Chandler-Laney, P., Del Coral, P., & Gower, B. A. (2010). *Exercise training prevents regain of visceral fat for 1-year following weight loss. Obesity (Silver Spring)*, 18(4), 690-695.
- Jakicic, J. M., Marcus, B. H., Lang, W., & Janney, C. (2008). *Effect of exercise on 24-month weight loss maintenance in overweight women. Arch Intern Med*, 168(14), 1550-1559; discussion 1559-1560.

- Janssen, I., Fortier, A., Hudson, R., & Ross, R. (2002). *Effects of an Energy-Restrictive Diet With or Without Exercise on Abdominal Fat, Intermuscular Fat, and Metabolic Risk Factors in Obese Women*. *Diabetes Care*, 25, 431-438.
- Kraemer, W. J., Volek, J. S., Clark, K. L., Gordon, S. E., Incledon, T., Puhl, S. N., et al. (1997). *Physiological adaptations to a weight-loss dietary regimen and exercise programs in women*. *Journal of Applied Physiology*, 83, 270-279.
- Larson-Meyer, D. E., Redman, L., Heilbronn, L. K., Martin, C. K., Ravussin, E., & Team, T. P. C. (2010). *Caloric Restriction with or without Exercise: The Fitness vs. Fatness Debate*. *Med Sci Sports Exerc*, 42(1), 152-159.
- Morgan, B., Woodruff, S. J., & Tiidus, P. M. (2003). *Aerobic energy expenditure during recreational weight training in females y males*. *J Sports Sci & Med*, 2, 117-122.
- NIH. (1998). *Clinical Guidelines on Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults*. National Institutes of Health Publication, 98-4083.
- Raatz, S. K., Wimmer, J. K., Kwong, C. A., & Sibley, S. D. (2008). *Intensive diet instruction by registered dietitians improves weight-loss success*. *J Am Diet Assoc*, 108(1), 110-113.
- Redman, L. M., Heilbronn, L. K., Martin, C. K., Alfonso, A., Smith, S. R., Ravussin, E., et al. (2007). *Effect of Calorie Restriction with or without Exercise on Body Composition and Fat Distribution*. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 92(3), 865-872.
- Serdula, M. K., Mokdad, A. H., & Williamson, D. F. (1999). *Prevalence of attempting weight loss and strategies for controlling weight*. *JAMA*, 282, 1353-1358.
- Villareal, D., Chode, S., Parimi, N., Sinacore, D., Hilton, T., Armamento-Villareal, R., et al. (2011). *Weight Loss, Exercise, or Both and Physical Function in Obese Older Adults*. *The New England Journal of Medicine*, 364, 1218-1229.
- Volpe, S. L., Kobusingye, H., Bailur, S., & Stanek, E. (2008). *Effect of diet and exercise on body composition, energy intake and leptin levels in overweight women and men*. *J Am Coll Nutr*, 27(2), 195-208.
- Yen, S. T., Chen, Z., & Eastwood, D. B. (2009). *Lifestyles, Demographics, Dietary Behavior, and Obesity: A Switching Regression Analysis*. *Health Serv Res*, 44(4), 1345-1369.